

## Beschreibung

## Turbinenschaufel

- 5 Die Erfindung betrifft eine Turbinenschaufel, die eine  
Schaufelhöhe, ein rotorseitiges und ein statorseitiges Ende,  
eine An- und Abströmkante und eine Saug- und Druckseite  
aufweist und zur Anwendung relativ zu einer allgemeinen  
Strömungsrichtung ausgebildet ist, sowie eine  
10 Strömungsmaschine, die mit einer solchen Turbinenschaufel  
ausgestattet ist.

Zum Beispiel im Dampfturbinenbau werden gekrümmte  
Leitschaufeln als Ausführungsform von Turbinenschaufeln  
15 insbesondere dann eingesetzt, wenn starke dreidimensionale  
Strömungen auftreten, die ausgeprägte radiale Unterschiede im  
statischen Druckverlauf zwischen der Rotorseite und  
Statorseite zeigen, die durch die Umlenkung in den  
Leitschaufeln entstehen. Das Schauffellängen zu  
20 Nabenverhältnis ist bei Dampfturbinen, insbesondere bei  
Niederdruck-Turbinen mit einem großen Abströmquerschnitt,  
verhältnismäßig groß. Die Strömung eines Strömungsmediums in  
der letzten Stufe einer Niederdruck-Turbine mit großem  
Anströmquerschnitt führt bei einem großen Schauffellängen zum  
25 Nabenverhältnis zu einer sich auf den Wirkungsgrad der  
Dampfturbine negativ auswirkenden radialen  
Reaktionsverteilung. Die Reaktionsverteilung ist hierbei in  
radialer Richtung unterschiedlich und an der Nabe niedrig und  
am Gehäuse hoch, was als nachteilig empfunden wird.

- 30 Als Isentroper-Reaktionsgrad  $r$  wird bei einer thermischen  
Strömungsmaschine die prozentuale Aufteilung des isentropen  
Enthalpiegefälles in Laufschaufeln zu dem gesamten isentropen  
Enthalpiegefälle über eine Stufe, bestehend aus  
35 Leitschaufelkranz und Laufschaufelkranz, bezeichnet. Als  
reine Gleichdruckstufe wird eine solche Stufe bezeichnet, in  
der der Reaktionsgrad  $r=0$  beträgt und das größte

Enthalpiegefälle entsteht. Bei einer klassischen Überdruckstufe beträgt der Reaktionsgrad  $r=0,5$ , so dass das Enthalpiegefälle in den Leitschaufeln genauso groß ist wie in den Laufschaufeln. Unter starker Reaktion wird ein

5 Reaktionsgrad von  $r=0,75$  bezeichnet. In der Praxis des Dampfturbinenbaus werden überwiegend die klassische Überdruckstufe sowie die Gleichdruckstufe angewendet. Letztere aber in der Regel mit einem etwas von Null verschiedenen Reaktionsgrad.

10

Eine niedrige oder gar negative Reaktion an der Nabe führt zu starken Beeinträchtigungen und zu Wirkungsgradeinbußen der Turbine während des Betriebes. Eine hohe Reaktion am Gehäuse ruft eine hohe Anströmgeschwindigkeit der Laufschaufeln im

15 Spitzenbereich hervor. Die hohe Anströmgeschwindigkeit wirkt sich negativ auf den Wirkungsgrad aus, da sich Strömungsverluste quadratisch proportional zur Geschwindigkeit verhalten. Eine Reduktion der Reaktion würde hier Abhilfe schaffen. Zudem würde eine geringere Reaktion am

20 Gehäuse zu einer Verringerung der Spaltverluste führen und dadurch würde der Wirkungsgrad zusätzlich verbessert werden.

Eine hohe Reaktion im Nabenbereich verringert die Spaltverluste im Leitschaufelkranz und führt somit zu einem

25 verbesserten Wirkungsgrad.

Gekrümmte Leitschaufeln werden hierbei insbesondere eingesetzt, um die radiale Reaktionsverteilung zu optimieren.

30

Es sind Turbinen mit nur in Umfangsrichtung gekrümmten Leitschaufeln beispielsweise aus der DE 37 43 738 bekannt. Dort sind Schaufeln gezeigt und beschrieben, deren Krümmung über der Schaufelhöhe gegen die Druckseite der jeweils in Umfangsrichtung benachbarten Leitschaufel gerichtet ist. Es

35 sind auch aus dieser Schrift Schaufeln bekannt, deren Krümmung über der Schaufelhöhe gegen die Saugseite der jeweils in Umfangsrichtung benachbarten Leitschaufel

3

gerichtet ist. Damit sollen auf wirksame Weise sowohl radiale als auch in Umfangsrichtung verlaufende Grenzschicht-Druckgradienten verringert und damit die aerodynamischen Schaufelverluste verkleinert werden.

5

Turbinen mit in Strömungsrichtung und in Umfangsrichtung gekrümmten Leitschaufeln sind beispielsweise aus der DE 42 28 879 bekannt.

10 Gekrümmte Leitschaufeln sind auch aus der US-PS 6,099,248 bekannt.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Turbinenschaufel und Strömungsmaschine anzugeben, bei denen  
15 der Wirkungsgrad verbessert ist.

Erfindungsgemäß wird dies bei der eingangs beschriebenen Turbinenschaufel mit den kennzeichnenden Merkmalen des Patentanspruchs 1 erreicht.

20

Der Vorteil der Erfindung ist unter anderem darin zu sehen, dass in Folge der verbesserten Zuströmung die radiale Reaktionsverteilung verbessert ist.

25 Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen beschrieben.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden anhand der Figuren dargestellt. In den Figuren werden funktionsähnliche  
30 Komponenten mit denselben Bezugszeichen bezeichnet.

Dabei zeigen

Figur 1 die Seitenansicht einer mit einer Turbinenschaufel  
35 ausgestatteten Endstufe einer Strömungsmaschine;

Figur 2 eine Ansicht einer Leitschaufel in Strömungsrichtung eines Strömungsmediums;

Figur 3 eine Schaufel mit Darstellung einer

5 Reaktionsverteilung nach dem Stand der Technik und gemäß der erfindungsgemäßen Turbinenschaufel nach Figur 1;

Figur 4 eine schematische und perspektivische Darstellung der Turbinenschaufel von Figur 1 an einem rotorseitigen Ende;

10

Figur 5 eine schematische und perspektivische Darstellung der Turbinenschaufel von Figur 1 an einem statorseitigen Ende;

Figur 6 eine perspektivische Ansicht einer Turbinenschaufel.

15

In der in Figur 1 in einer Seitenansicht schematisch gezeigten Dampfturbinenendstufe sind die einen durchströmten Kanal 1 begrenzenden Wandungen zum einen eine rotorseitige Kanalwandung 3 und zum anderen eine statorseitige Kanalwandung 5. Die statorseitige Kanalwandung 5 gehört zu einem Innengehäuse 6. Eine Endstufe besteht aus einer Reihe Leitschaufeln und einer Reihe Laufschaufeln, von denen aus Gründen der Übersichtlichkeit in der Figur 1 jeweils nur eine Leitschaufel 10 und eine Laufschaufel 11 gezeigt wird. Die Leitschaufeln sind auf nicht dargestellte Weise am Innengehäuse 6 befestigt.

20

25

Die Laufschaufeln sind auf nicht dargestellte Weise im Rotor 2 befestigt.

30

Die Leitschaufel 10 weist ein statorseitiges Ende 7, einen mittleren Bereich 8 und ein rotorseitiges Ende 9 auf. Ein Strömungsmedium kann in Strömungsrichtung 4 durch den Kanal 1 strömen. Die Strömungsrichtung 4 ist im Wesentlichen parallel zu einer Rotationsachse 12 des Rotors 2. Die Leitschaufel 10 weist eine über die gesamte Schaufelhöhe ausgebildete Anströmkante 13 und eine Abströmkante 14 auf. Die

35

Laufschaufel 11 weist ebenso eine Anströmkante 15 und eine Abströmkante 16 auf.

Wie in der Figur 6 dargestellt, wird der Habitus der  
5 Turbinenschaufel 10 durch eine Turbinenschaufelformkurve 39 beschrieben. Die Turbinenschaufel 10 wird in Zylinderflächen 40 aufgeteilt. Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind in der Figur 6 lediglich sechs Zylinderflächen 40 dargestellt. Die Turbinenschaufelformkurve 39 beschreibt den Habitus genauer,  
10 je mehr Zylinderflächen 40 gebildet werden. Zu jeder Zylinderfläche 40 wird deren Massenschwerpunkt 41 ermittelt. Die Turbinenschaufelformkurve 39 wird durch die Verbindung der Massenschwerpunkte 41 von einem Turbinenschaufelfuß 42 zur Turbinenschaufelspitze 43 gebildet.

15 Wie aus Figur 1 ersichtlich, endet die Turbinenschaufelformkurve 39 jeweils am rotorseitigen Ende 9 und am statorseitigen Ende 7 der Turbinenschaufel 10. Im folgenden beziehen sich die Ausführungen auf eine als  
20 Leitschaufel 10 ausgebildete Turbinenschaufel.

Die Turbinenschaufelformkurve 39 wird an ihrem rotorseitigen Ende 9 betrachtet und die dreidimensionale Form der  
25 Turbinenschaufelformkurve 39 durch eine Tangente, die als mathematische Ableitung der Turbinenschaufelformkurve 39 in eine Kurvenrichtung zu verstehen ist, abgebildet. Die Tangente bzw. mathematische Ableitung wird am rotorseitigen Ende 9 der Turbinenschaufelformkurve 39 als Hilfstangente 17 bezeichnet. Mit anderen Worten: Die dreidimensionale Form  
30 oder der Habitus der Turbinenschaufel 10 am rotorseitigen Ende 9, wird durch die Hilfstangente 17 dargestellt.

Die Leitschaufel 10 ist an ihrem rotorseitigen Ende 9 derart geformt, dass sie in Strömungsrichtung 4 negativ gepfeilt  
35 ist. Selbstverständlich ist die Hilfstangente 17 gegenüber der Strömungsrichtung 4 ebenfalls negativ gepfeilt.

Der Habitus des statorseitigen Endes 7 der Leitschaufel 10 wird durch eine zweite Hilfstangente 18 dargestellt. Dabei wird die Turbinenschaufelformkurve 39 an ihrem statorseitigen Ende 7 betrachtet und die dreidimensionale Form der

5 Turbinenschaufelformkurve 39 durch eine Tangente, die als mathematische Ableitung der Turbinenschaufelformkurve 39 in eine Kurvenrichtung zu verstehen ist, abgebildet.

10 Die Leitschaufel 10 ist an ihrem statorseitigen Ende 7 derart geformt, dass sie in Strömungsrichtung 4 negativ gepfeilt ist. Selbstverständlich ist die Hilfstangente 18 gegenüber der Strömungsrichtung 4 ebenfalls negativ gepfeilt.

Der Habitus der Leitschaufel 10 wird in der Mitte im  
15 mittleren Bereich 8 im Wesentlichen durch eine Hilfstangente 65 beschrieben. Dabei wird die Turbinenschaufelformkurve 39 in ihrem mittleren Bereich 8 betrachtet und die dreidimensionale Form der Turbinenschaufelformkurve 39 durch die Hilfstangente 65, die als mathematische Ableitung der  
20 Turbinenschaufelformkurve 39 in eine Kurvenrichtung zu verstehen ist, abgebildet. Man geht hierbei von einem im mittleren Bereich 8 liegenden Punkt der Leitschaufelformkurve 39 aus und bildet an diesem Punkt eine als Hilfstangente 65 ausgebildete Tangente oder Ableitung.

25 Die Leitschaufel 10 ist in ihrem mittleren Bereich 8 derart geformt, dass sie in Strömungsrichtung 4 positiv gepfeilt ist. Selbstverständlich ist die Hilfstangente 65 gegenüber der Strömungsrichtung 4 ebenfalls positiv gepfeilt.

30 In einer alternativen Ausführungsform kann der mittlere Bereich 8 auch negativ gepfeilt oder sogar senkrecht zur Strömungsrichtung 4 sein.

Negative und positive Pfeilung wird hier folgendermaßen definiert:

5 Negative Pfeilung: die Strömungsrichtung 4 muss um einen spitzen Winkel in mathematisch negativer Richtung (im Uhrzeigersinn) zur Hilfstangente 17 oder zur Hilfstangente 18 gedreht werden, um ein Zusammenfallen der Strömungsrichtung 4 mit der Hilfstangente 17 oder 18 zu erzielen.

10 Positive Pfeilung: die Strömungsrichtung 4 muss um einen spitzen Winkel in mathematisch positiver Richtung (gegen den Uhrzeigersinn) zur Hilfstangente 65 gedreht werden, um ein Zusammenfallen der Strömungsrichtung 4 mit der Hilfstangente 65 zu erzielen.

15

Der Abstand der Abströmkante 14 der Leitschaufel 10 ist am rotorseitigen Ende 9 und im mittleren Bereich 8 konstant zur Anströmkante 15 der benachbarten Laufschaufel 11.

20 In einer alternativen Ausführungsform kann der Abstand der Abströmkante 14 der Leitschaufel 10 unterschiedlich zur Abströmkante 15 der benachbarten Laufschaufel 11 sein.

25 Das rotorseitige Ende 9 und das statorseitige Ende 7 liegen in Strömungsrichtung 4 im Wesentlichen übereinander.

In Figur 2 ist eine Ansicht in Strömungsrichtung 4 dargestellt. Die Leitschaufel 10 liegt zwischen einer Druckseite 21 und einer Saugseite 22. Die in der Figur 2  
30 gezeigte mittlere Linie zwischen der Druckseite 21 und der Saugseite 22 stellt die Anströmkante 13 dar. Die Strömungsrichtung 4 verläuft im Wesentlichen senkrecht zur Zeichenebene. Das Strömungsmedium strömt hierbei entlang der Strömungsrichtung 4 und trifft zuerst auf die Anströmkante 13  
35 der Leitschaufel 10.

8

Das rotorseitige Ende 9 der Leitschaufel 10 ist in Richtung auf die Druckseite 21 geneigt. Ebenso ist das statorseitige Ende 7 zur Druckseite 21 geneigt.

- 5 Im mittleren Bereich 8 der Leitschaufel 10 ist die Leitschaufel 10 zur Saugseite 22 geneigt.

In einer alternativen Ausführungsform kann der mittlere Bereich 8 auch zur Druckseite 21 geneigt sein. In einer  
10 weiteren alternativen Ausführungsform kann der mittlere Bereich weder zur Druckseite 21 noch zur Saugseite 22 geneigt sein.

Der mittlere Bereich kann aber auch bei einem alternativen  
15 Ausführungsbeispiel der Turbinenschaufel in einer radialen Richtung 34 ausgerichtet sein.

Die Anströmkante 13 ist am rotorseitigen Ende 9 der Leitschaufel 10 im Wesentlichen vor der Abströmkante 14  
20 positioniert.

Am statorseitigen Ende 7 der Leitschaufel 10 ist die Anströmkante 13 in Strömungsrichtung 4 im Wesentlichen vor der Abströmkante 14 positioniert.

25 Im mittleren Bereich ist die Abströmkante 14 gegenüber der Anströmkante 13 zur Druckseite 21 verschoben.

Das statorseitige Ende 7 der Leitschaufel 10 ist gegenüber  
30 dem rotorseitigen Ende 9 in radialer Richtung 34 zur Druckseite 21 hin verschoben.

In Figur 4 ist eine schematische und perspektivische Darstellung der Turbinenschaufel 10, 11 am rotorseitigen Ende  
35 9 zu sehen und dient zur näheren Erläuterung der Lagen der Hilfstangente 17 sowie damit im Zusammenhang stehender Winkel  $\alpha$  und  $\gamma$ .



Die dreidimensionale Form der Turbinenschaufel 10 wurde aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht dargestellt. Die Turbinenschaufel 10 wird am rotorseitigen Ende 9 durch die  
5 Hilfstangente 17 dargestellt.

Die Hilfstangente 17 würde, wenn sie in Richtung auf den Rotor 2 verlängert wird, den Rotor 2 in einem Punkt 44 berühren. Eine erste Hilfsachse 20 schneidet die  
10 Rotationsachse 12 senkrecht und verläuft durch den Punkt 44.

Eine zweite Hilfsachse 23 schneidet die erste Hilfsachse 20 im Punkt 44 und verläuft im wesentlichen parallel zur Strömungsrichtung 4, die in diesem Ausführungsbeispiel  
15 parallel zur Rotationsachse 12 ist.

Eine dritte Hilfsachse 24 schneidet die erste Hilfsachse 20 im Punkt 44 und verläuft senkrecht zur ersten Hilfsachse 20 und senkrecht zur zweiten Hilfsachse 23.  
20

Mit der ersten Hilfsachse 20 und der zweiten Hilfsachse 23 wird eine erste Projektionsebene 45 gebildet. Mit der ersten Hilfsachse 20 und der dritten Hilfsachse 24 wird eine zweite Projektionsebene 46 gebildet.  
25

Die Hilfstangente 17 wird auf die erste Projektionsebene 45 projiziert, indem jeder Punkt der Hilfstangente 17 in Richtung der dritten Hilfsachse 24 auf die erste Projektionsebene 45 projiziert wird.  
30

Beispielhaft wird dies an einem Punkt 47 der Hilfstangente 17 erläutert. Der Punkt 47 wird entlang einer zur dritten Hilfsachse 24 parallel verlaufenden Richtung entlang einer ersten Projektionsgeraden 48 auf einen in der ersten Projektionsebene 45 liegenden ersten Projektionspunkt 49 projiziert. Somit wird auf die erste Projektionsebene 45 eine erste Projektionsgerade 17' projiziert.  
35

Die erste Projektionsgerade 17' ist um einen Winkel  $\alpha$  gegenüber der zweiten Hilfsachse 23 geneigt.

- 5 Der Winkel  $\alpha$  kann hierbei Werte zwischen  $0^\circ$  und  $90^\circ$  annehmen, insbesondere liegt der Wert des Winkels  $\alpha$  zwischen  $50^\circ$  und  $80^\circ$ .

Die Hilfstangente 17 wird auch auf die zweite  
10 Projektionsebene 46 projiziert, indem jeder Punkt der Hilfstangente 17 in Richtung der zweiten Hilfsachse 23 auf die zweite Projektionsebene 46 bewegt wird, bis diese berührt wird.

- 15 Beispielhaft wird dies an dem Punkt 47 der Hilfstangente 17 erläutert. Der Punkt 47 wird entlang einer zur zweiten Hilfsachse 23 parallel verlaufenden Richtung entlang einer zweiten Projektionsgeraden 51 auf einen in der zweiten Projektionsebene 46 liegenden zweiten Projektionspunkt 52  
20 projiziert. Somit wird auf die zweite Projektionsebene 46 eine zweite Projektionsgerade 17'' gebildet.

Die zweite Projektionsgerade 17'' ist um einen Winkel  $\gamma$  gegenüber der ersten Hilfsachse 20 geneigt.

- 25 Der Winkel  $\gamma$  kann Werte annehmen, die zwischen  $0^\circ$  und  $90^\circ$  liegen, insbesondere liegt der Winkel  $\gamma$  bei  $70^\circ$ .

Die rotorseitige Endfläche der Turbinenschaufel 10 ist durch  
30 einen gestrichelten Verlauf 54 angedeutet.

- In der Figur 5 ist eine schematische und perspektivische Darstellung der Turbinenschaufel 10 am statorseitigen Ende 7 zu sehen und dient zur näheren Erläuterung der Lagen der  
35 Hilfstangente 18 sowie damit in Zusammenhang stehender Winkel  $\beta$ ,  $\delta$  und  $\xi$ .

## 11

Die dreidimensionale Form der Turbinenschaufel 10 wurde aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht dargestellt. Die Turbinenschaufel 10 wird am statorseitigen Ende 7 durch die Hilfstangente 18 dargestellt.

5

Die Hilfstangente 18 würde in ihrer Verlängerung in Richtung Innengehäuse 6 das Innengehäuse 6 in einem Punkt 55 berühren.

10

Eine vierte Hilfsachse 26 schneidet die Rotationsachse 12 senkrecht und verläuft durch den Punkt 55. Eine fünfte Hilfsachse 27 schneidet die vierte Hilfsachse 26 im Punkt 55 und verläuft parallel zu einer Oberfläche des Innengehäuses am Punkt 55. Eine sechste Hilfsachse 28 schneidet die vierte Hilfsachse 26 senkrecht im Punkt 55 und verläuft senkrecht zur fünften Hilfsachse 27.

15

Mit der vierten Hilfsachse 26 und der fünften Hilfsachse 27 wird eine dritte Projektionsebene 56 gebildet. Mit der vierten Hilfsachse 26 und der sechsten Hilfsachse 28 wird eine vierte Projektionsebene 57 gebildet.

20

Die Hilfstangente 18 wird auf die dritte Projektionsebene 56 projiziert, indem jeder Punkt der Hilfstangente 18 in Richtung der sechsten Hilfsachse 28 auf die dritte Projektionsebene 56 bewegt wird, bis sie diese berührt.

25

Beispielhaft wird dies mit einem Punkt 58 der Hilfstangente 18 erläutert. Der Punkt 58 wird entlang einer zur sechsten Hilfsachse 28 parallel verlaufenden Richtung entlang einer dritten Projektionsgeraden 59 auf einen in der dritten Projektionsebene 56 liegenden dritten Projektionspunkt 60 projiziert. Somit wird auf die dritte Projektionsebene 56 eine dritte Projektionstangente 18' projiziert.

30

Die Projektionstangente 18' ist um einen Winkel  $\xi$  gegenüber der fünften Hilfsachse 27 geneigt. Der Winkel  $\xi$  liegt zwischen  $0^\circ$  und  $180^\circ$ .

35

Die Projektionstangente 18' ist auch um einen Winkel  $\beta$  gegenüber der Rotationsachse 12 geneigt. Der Winkel  $\beta$  kann im Wesentlichen Werte zwischen  $0^\circ$  und  $90^\circ$  annehmen.

5

Die Hilfstangente 18 wird auch auf die vierte Projektionsebene 57 projiziert, indem jeder Punkt der Hilfstangente 18 in Richtung der fünften Hilfsachse 27 auf die vierte Projektionsebene 57 bewegt wird, bis sie diese

10

berührt. Beispielhaft wird dies mit dem Punkt 58 der Hilfstangente 18 erläutert. Der Punkt 58 wird entlang einer zur fünften Hilfsachse 27 parallel verlaufenden Richtung entlang einer

15

vierten Projektionsgeraden 62 auf einen in der vierten Projektionsebene 57 liegenden vierten Projektionspunkt 63 projiziert. Somit wird auf die vierte Projektionsebene 57 eine vierte Projektionstangente 18'' projiziert.

20

Die Projektionstangente 18'' ist um einen Winkel  $\delta$  gegenüber der sechsten Hilfsachse 28 geneigt. Der Winkel  $\delta$  liegt zwischen  $0^\circ$  und  $90^\circ$ .

In Figur 3 ist als Diagramm dargestellt eine

25

Reaktionsverteilung in Abhängigkeit einer Schaufelhöhe. Die X-Achse 35 stellt hierbei die Reaktionsverteilung in willkürlichen Einheiten dar. Die Y-Achse 36 stellt hierbei den Abstand zu einer Nabe dar. Die gestrichelte Linie 37 zeigt den Verlauf der Reaktionsverteilung nach dem bisherigen

30

Stand der Technik. Die durchgezogene Linie 38 zeigt den Verlauf der Reaktionsverteilung wenn die Leitschaufeln gemäss der hier dargestellten Erfindung ausgebildet sind.

Wie eingangs erwähnt, ist es ein Nachteil, wenn die

35

Reaktionsverteilung in radialer Richtung 34 unterschiedlich ist. Die gestrichelte Linie 37, die die Reaktionsverteilung nach dem bisherigen Stand der Technik darstellt, zeigt das

13

vorgenannte, als nachteilig empfundene Verhalten. Danach ist die Reaktionsverteilung von der Nabe zum Gehäuse unterschiedlich. Die durchgezogene Linie 38 zeigt gegenüber der gestrichelten Linie 37 eine verbesserte

5 Reaktionsverteilung.

## Patentansprüche

1. Turbinenschaufel (10, 11), die eine Schaufelhöhe, ein  
rotorseitiges (9) und ein statorseitiges Ende (7), eine  
5 An- (13) und Abströmkante (14) und eine Saug- (22) und  
Druckseite (23) aufweist und zur Anwendung relativ zu  
einer allgemeinen Strömungsrichtung (4) ausgebildet ist,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s  
10 die Turbinenschaufel (10, 11) in der Strömungsrichtung (4)  
an ihrem rotorseitigen Ende (9) und an ihrem  
statorseitigen Ende (7) negativ gepfeilt ist.
- 15 2. Turbinenschaufel (10, 11) nach Anspruch 1,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s  
die negative Pfeilung des rotorseitigen Endes (9) in eine  
20 positive Pfeilung im mittleren Bereich (8) der  
Turbinenschaufel (10, 11) übergeht und die positive  
Pfeilung im mittleren Bereich (8) in eine negative  
Pfeilung am statorseitigen Ende (7) übergeht.
- 25 3. Turbinenschaufel (10, 11), die eine Schaufelhöhe, ein  
rotorseitiges (9) und statorseitiges Ende (7), eine An-  
(13) und Abströmkante (16) und eine Saug- (22) und  
Druckseite (21) aufweist und zur Anwendung relativ zu  
30 einer allgemeinen Strömungsrichtung (4) ausgebildet ist,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s  
die Turbinenschaufel (10, 11) in einer in Bezug auf die  
Strömungsrichtung (4) radialen Richtung (34) an ihrem  
35 rotorseitigen Ende (9) und an ihrem statorseitigen Ende  
(7) gegen die Druckseite (21) geneigt ist.

4. Turbinenschaufel (10, 11) nach Anspruch 1 oder 2,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s

5 die Turbinenschaufel (10, 11) in einer in Bezug auf die  
Strömungsrichtung (4) radialen Richtung (34) an ihrem  
rotorseitigen Ende (9) und an ihrem statorseitigen Ende  
(7) gegen die Druckseite (21) geneigt ist.

10 5. Turbinenschaufel (10, 11) nach einem der Ansprüche 3 oder  
4,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s

15 die Turbinenschaufel (10, 11) in einem mittleren Bereich  
(8) der Turbinenschaufel (10, 11) zur Saugseite (22)  
geneigt ist.

20 6. Turbinenschaufel (10, 11) nach einem der Ansprüche 1 bis  
5,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s

die An- (13) und Abströmkante (14) am statorseitigen Ende  
(7) im Wesentlichen in Strömungsrichtung (4)

25 hintereinander liegen.

7. Turbinenschaufel (10, 11) nach einem der Ansprüche 1 bis  
6,

30 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s

die An- (13) und Abströmkante (14) am rotorseitigen Ende  
(9) im Wesentlichen in Strömungsrichtung (4)  
hintereinander liegen.

8. Turbinenschaufel (10,11) nach einem der Ansprüche 1 bis 7,  
dadurch gekennzeichnet, dass

die Abströmkante (14) im mittleren Bereich (8) der  
Schaufelhöhe gegenüber der Anströmkante (13) in  
Strömungsrichtung zur Druckseite (21) hin verschoben ist.

9. Turbinenschaufel (10, 11) nach einem der Ansprüche 1 bis  
8,  
dadurch gekennzeichnet, dass

das statorseitige Ende (7) gegenüber dem rotorseitigen (9)  
Ende in radialer Richtung (34) zur Druckseite (21) hin  
verschoben ist.

10. Turbinenschaufel (10, 11) nach einem der Ansprüche 1 bis  
9,  
dadurch gekennzeichnet, dass

das rotorseitige Ende (9) und das statorseitige Ende (7)  
in Strömungsrichtung (4) im wesentlichen  
übereinanderliegt.

11. Turbinenschaufel (10, 11) nach einem der Ansprüche 1 bis  
10, die als Leitschaufel (10) ausgebildet ist.

12. Turbinenschaufel (10, 11) nach einem der Ansprüche 1 bis  
10, die als Laufschaufel (11) ausgebildet ist.



13. Turbinenschaufel (10, 11) nach einem der Ansprüche 1 bis 12,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass

das rotorseitige Ende (9) um einen Winkel  $\alpha$  zur Strömungsrichtung gepfeilt ist und der Winkel  $\alpha$  Werte aufweist, die im wesentlichen zwischen  $50^\circ$  und  $80^\circ$  liegen.

14. Turbinenschaufel (10, 11) nach einem der Ansprüche 1 bis 13,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass

das statorseitige Ende (7) um einen Winkel  $\beta$  zu einem Innengehäuse (6) gepfeilt ist und der Winkel  $\beta$  Werte aufweist, die im wesentlichen zwischen  $0^\circ$  und  $90^\circ$  liegen.

15. Turbinenschaufel (10, 11) nach einem der Ansprüche 1 bis 14,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass

das statorseitige Ende (7) um einen Winkel  $\gamma$  zur radialen Richtung (34) geneigt ist und der Winkel  $\gamma$  Werte aufweist, die im wesentlichen zwischen  $0^\circ$  und  $90^\circ$  liegen.

16. Turbinenschaufel (10, 11) nach Anspruch 15,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass

der Winkel  $\gamma$  im Wesentlichen  $70^\circ$  beträgt.

17. Turbinenschaufel (10, 11) nach einem der Ansprüche 1 bis 16,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass

18

das rotorseitige Ende (9) um einen Winkel  $\delta$  zur radialen Richtung (34) geneigt ist und der Winkel  $\delta$  Werte aufweist, die im wesentlichen zwischen  $0^\circ$  und  $90^\circ$  liegen.

5

18. Turbinenschaufel (10, 11) nach Anspruch 17,  
d a d u r c h   g e k e n n z e i c h n e t,   d a s s

der Winkel  $\delta$  im Wesentlichen  $75^\circ$  beträgt.

10

19. Strömungsmaschine, die Turbinenschaufeln (10, 11) nach  
einem der Ansprüche 1 bis 18 aufweist.

15

20. Strömungsmaschine nach Anspruch 19,  
d a d u r c h   g e k e n n z e i c h n e t,   d a s s   d i e  
Abströmkante (14) der Leitschaufel (10) am rotorseitigen  
Ende (9) und im mittleren Bereich (8) einen konstanten  
20   Abstand zur Anströmkante (15) einer benachbarten  
Laufschaufel (11) aufweist.

FIG 1

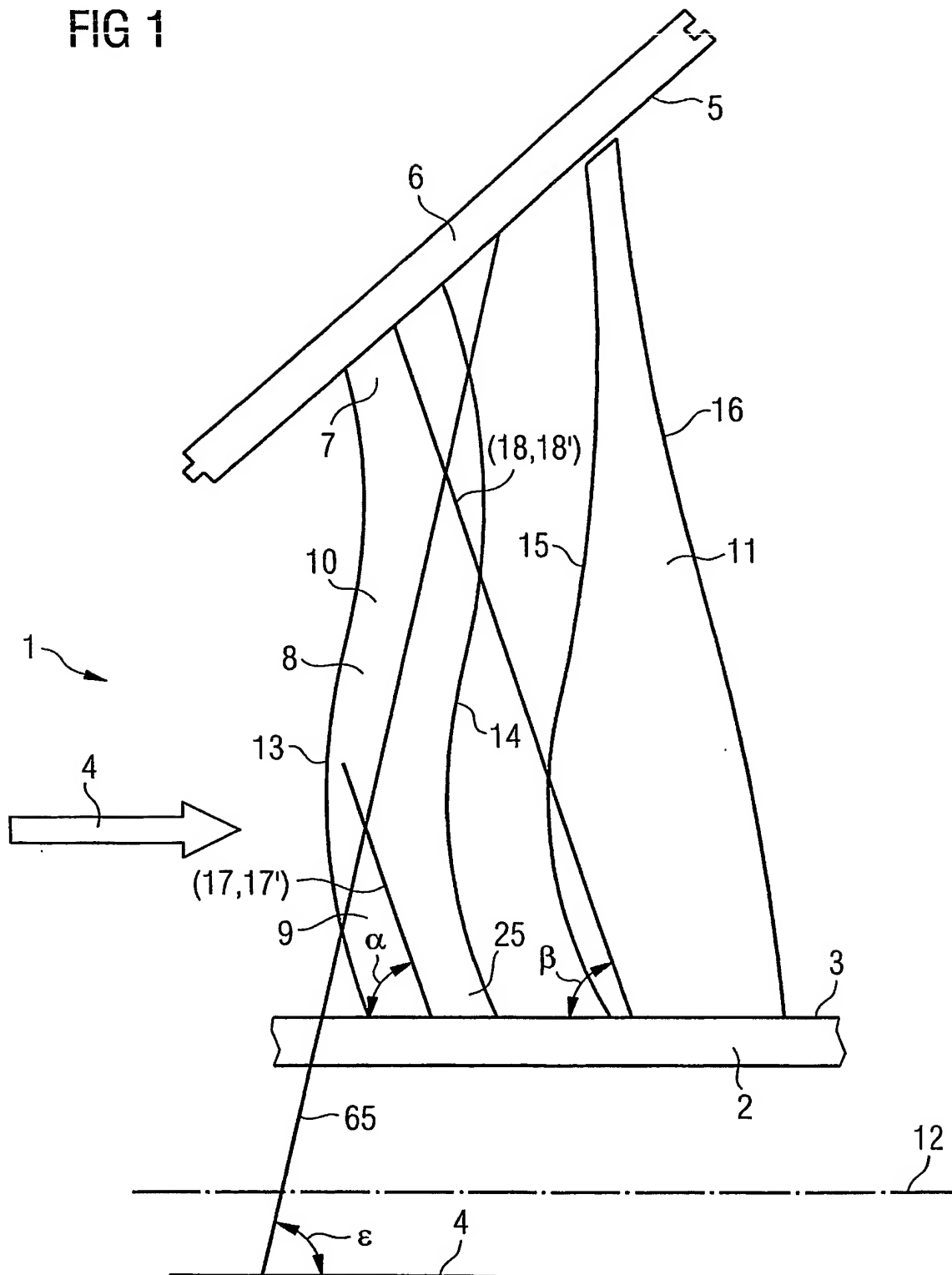


FIG 2

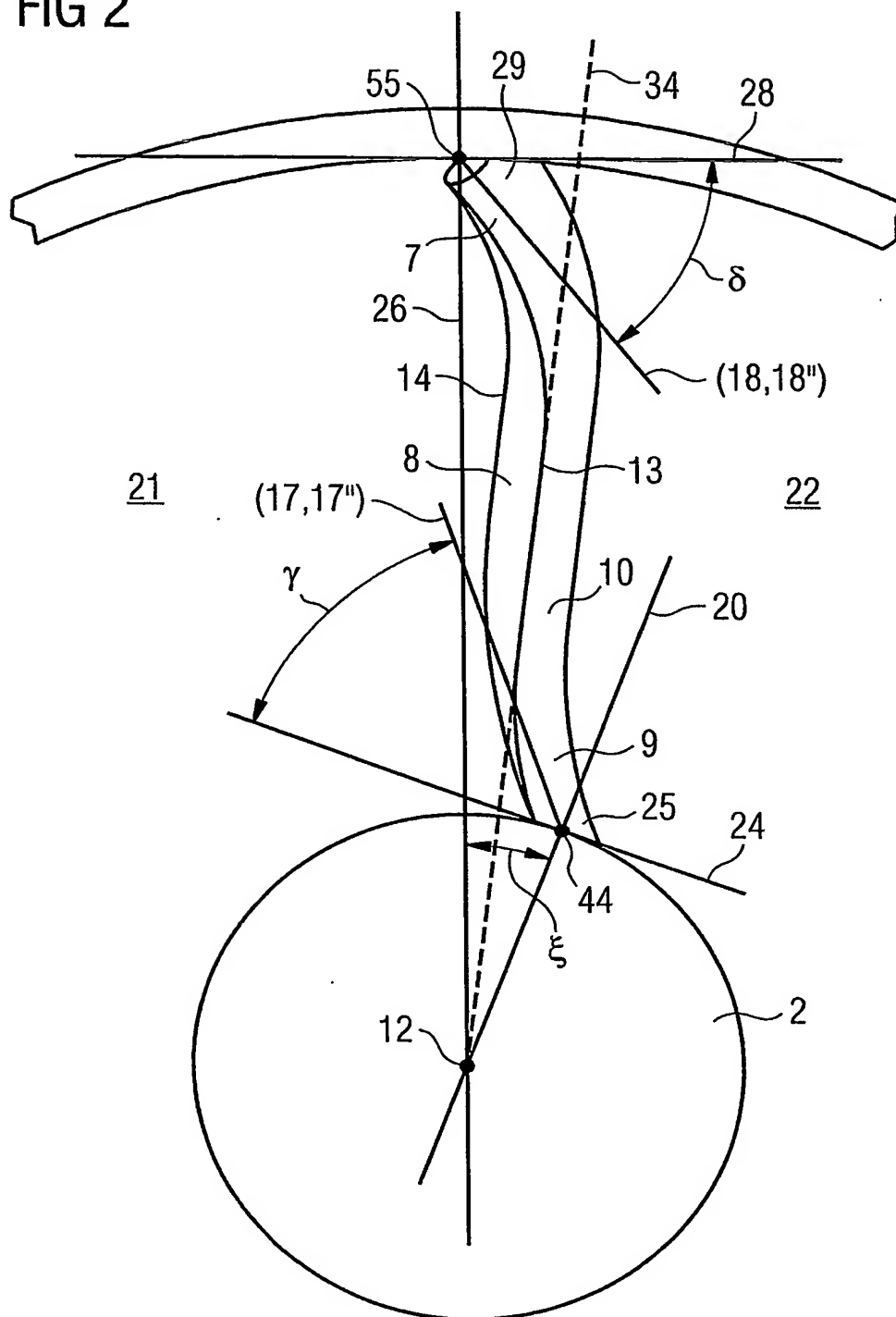


FIG 3

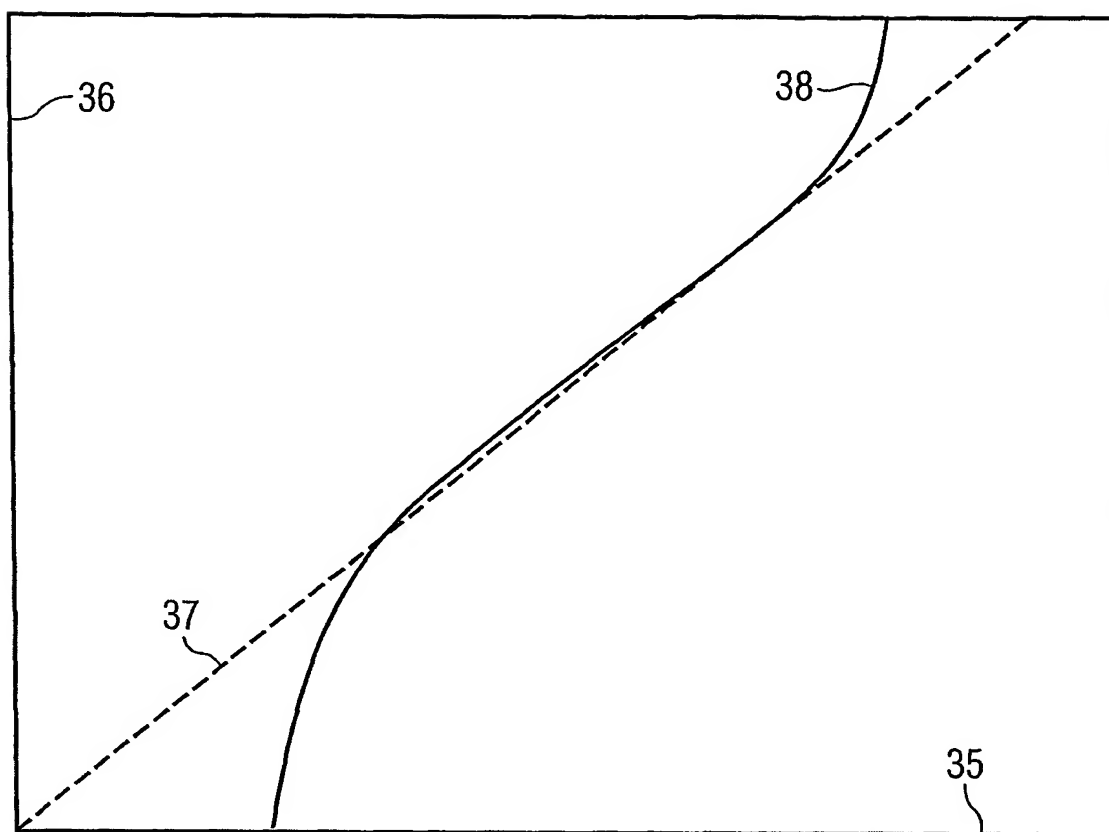
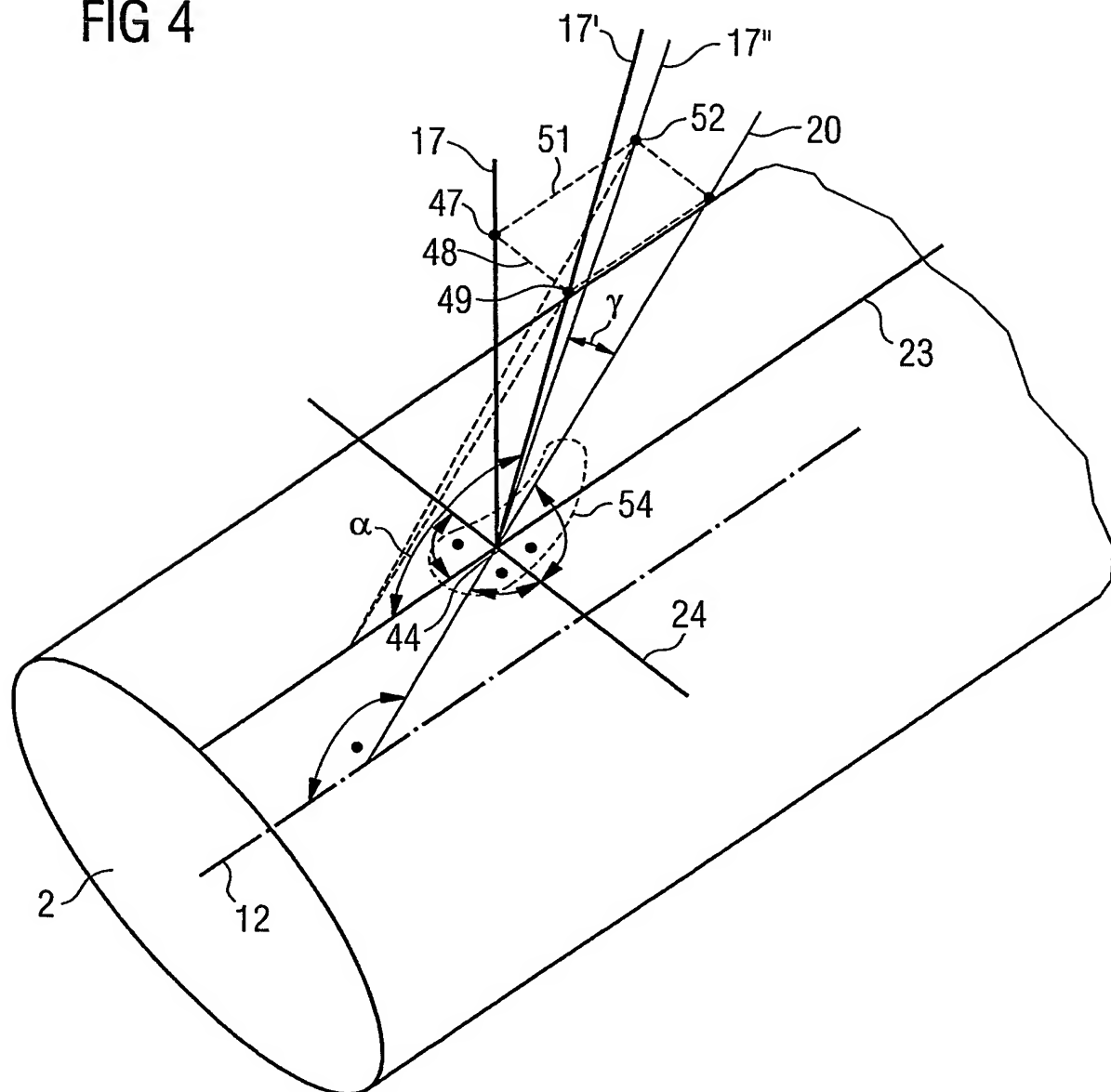


FIG 4



5/6

FIG 5

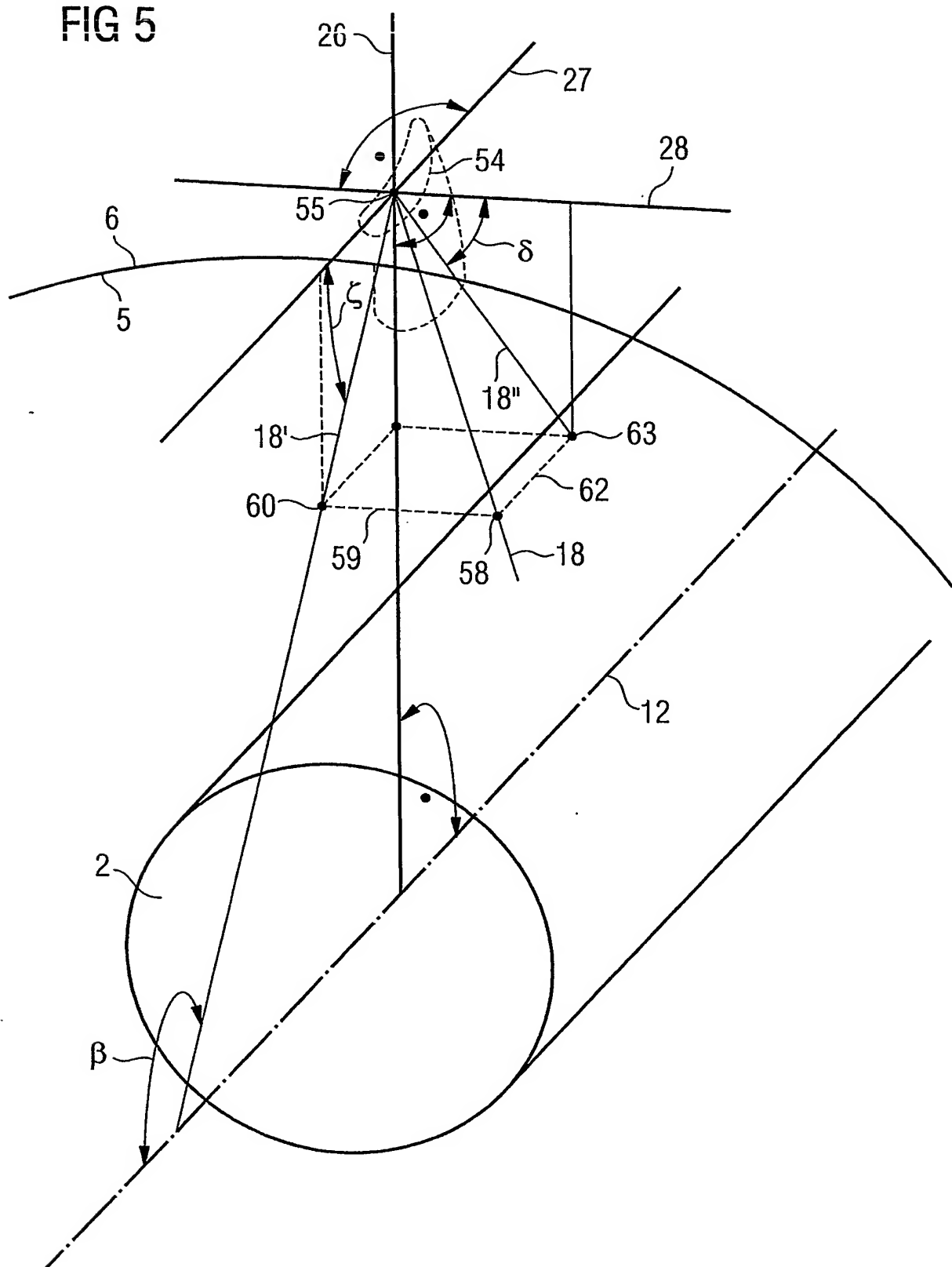
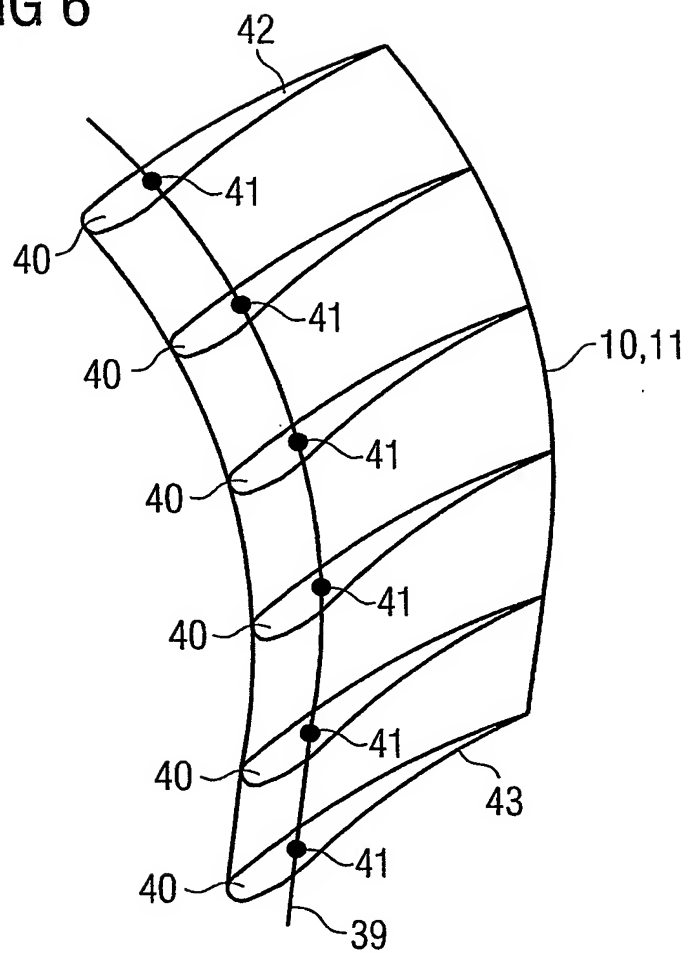


FIG 6





# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP2004/006624

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 F01D5/14

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F01D F04D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4 714 407 A (RUBINI ALFRED ET AL) 22 December 1987 (1987-12-22) column 6, line 15 - line 18; claims; figure 8	1,2,11, 13,14,19
X	US 3 745 629 A (PASK G ET AL) 17 July 1973 (1973-07-17) column 2, line 30 - line 64; figures 4,5	3,5, 15-20
X	US 2 738 950 A (PRICE NATHAN C) 20 March 1956 (1956-03-20)  column 1, line 15 - line 18 column 2, line 5 - line 22 column 3, line 36 - line 60 figures	1-5,8, 10-15, 17,19,20
	----- -/-- -----	



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\* & \* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

31 August 2004

Date of mailing of the international search report

21/09/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

de Rooij, M

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP2004/006624

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2003/031564 A1 (KUSHIDA TSUNEHARU ET AL) 13 February 2003 (2003-02-13) paragraph '0021!; figure 4 -----	1,2, 11-13
X	WO 02/055845 A (PIETRICOLA PAOLO) 18 July 2002 (2002-07-18) figure 8A -----	1,2
P,X	US 2004/091353 A1 (SHAHPAR SHAHROKHY ET AL) 13 May 2004 (2004-05-13)  paragraph '0020!; figures 2-4,7b -----	1-7,10, 11, 13-15, 17,19
A	FR 2 784 421 A (GATE SPA) 14 April 2000 (2000-04-14) claims; figure 2 -----	1,2,13, 14
A	US 6 341 942 B1 (SCHNEIDER MICHAEL H ET AL) 29 January 2002 (2002-01-29) claim 13; figure 3 -----	3

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/006624

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4714407	A	22-12-1987	GB 2164098 A DE 3530769 A1 FR 2574114 A1 JP 2753217 B2 JP 61066801 A	12-03-1986 20-03-1986 06-06-1986 18-05-1998 05-04-1986
US 3745629	A	17-07-1973	NONE	
US 2738950	A	20-03-1956	NONE	
US 2003031564	A1	13-02-2003	JP 2003056304 A	26-02-2003
WO 02055845	A	18-07-2002	IT BA20010002 A1 CA 2434213 A1 WO 02055845 A1 EP 1352156 A1 US 2004042897 A1	11-07-2002 18-07-2002 18-07-2002 15-10-2003 04-03-2004
US 2004091353	A1	13-05-2004	NONE	
FR 2784421	A	14-04-2000	IT 1303114 B1 DE 19948075 A1 FR 2784421 A1 GB 2345094 A , B	30-10-2000 25-05-2000 14-04-2000 28-06-2000
US 6341942	B1	29-01-2002	NONE	

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/006624

**A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
IPK 7 F01D5/14

Nach der internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 F01D F04D

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 4 714 407 A (RUBINI ALFRED ET AL) 22. Dezember 1987 (1987-12-22) Spalte 6, Zeile 15 - Zeile 18; Ansprüche; Abbildung 8	1, 2, 11, 13, 14, 19
X	US 3 745 629 A (PASK G ET AL) 17. Juli 1973 (1973-07-17) Spalte 2, Zeile 30 - Zeile 64; Abbildungen 4, 5.	3, 5, 15-20
X	US 2 738 950 A (PRICE NATHAN C) 20. März 1956 (1956-03-20)  Spalte 1, Zeile 15 - Zeile 18 Spalte 2, Zeile 5 - Zeile 22 Spalte 3, Zeile 36 - Zeile 60 Abbildungen	1-5, 8, 10-15, 17, 19, 20
	----- -/-	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*&\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

31. August 2004

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

21/09/2004

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

de Rooij, M

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/006624

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2003/031564 A1 (KUSHIDA TSUNEHARU ET AL) 13. Februar 2003 (2003-02-13) Absatz '0021!; Abbildung 4	1,2, 11-13
X	WO 02/055845 A (PIETRICOLA PAOLO) 18. Juli 2002 (2002-07-18) Abbildung 8A	1,2
P,X	US 2004/091353 A1 (SHAHPAR SHAHROKHY ET AL) 13. Mai 2004 (2004-05-13)  Absatz '0020!; Abbildungen 2-4,7b	1-7,10, 11, 13-15, 17,19
A	FR 2 784 421 A (GATE SPA) 14. April 2000 (2000-04-14) Ansprüche; Abbildung 2	1,2,13, 14
A	US 6 341 942 B1 (SCHNEIDER MICHAEL H ET AL) 29. Januar 2002 (2002-01-29) Anspruch 13; Abbildung 3	3

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/006624

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4714407 A	22-12-1987	GB 2164098 A	12-03-1986
		DE 3530769 A1	20-03-1986
		FR 2574114 A1	06-06-1986
		JP 2753217 B2	18-05-1998
		JP 61066801 A	05-04-1986
US 3745629 A	17-07-1973	KEINE	
US 2738950 A	20-03-1956	KEINE	
US 2003031564 A1	13-02-2003	JP 2003056304 A	26-02-2003
WO 02055845 A	18-07-2002	IT BA20010002 A1	11-07-2002
		CA 2434213 A1	18-07-2002
		WO 02055845 A1	18-07-2002
		EP 1352156 A1	15-10-2003
		US 2004042897 A1	04-03-2004
US 2004091353 A1	13-05-2004	KEINE	
FR 2784421 A	14-04-2000	IT 1303114 B1	30-10-2000
		DE 19948075 A1	25-05-2000
		FR 2784421 A1	14-04-2000
		GB 2345094 A , B	28-06-2000
US 6341942 B1	29-01-2002	KEINE	